

Владимир Григорьевич Шухов

Стропила

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Ш98

Ш98 **Шухов В.**
Стропила / Владимир Григорьевич Шухов – М.: Книга по Требованию, 2023. –
125 с.

ISBN 978-5-521-38785-4

ISBN 978-5-521-38785-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ОТЪ АВТОРА.

При составленіи проекта стропиль первымъ и самымъ важнымъ вопросомъ является вопросъ о выборѣ той или другой системы фермъ, о выборѣ числа ея узловъ или панелей, о расположеніи прогоновъ и, наконецъ, о выборѣ разстояній между фермами.

Употребленіе графическаго способа расчета значительно упрощаетъ, можно сказать, дѣлаетъ почти автоматическимъ самый процессъ расчета усилий въ разныхъ частяхъ фермы, но при этомъ у проектирующаго сооруженіе не получается отвѣта на вопросъ о наиболѣе выгодномъ расположеніи связей фермъ и деталей крыши, и составитель проекта недается возможности слѣдить за измѣненіемъ вѣса каждой отдѣльной части фермы въ зависимости отъ ея системы и геометрическаго положенія отдѣльных ея частей.

Въ нижеслѣдующемъ предложенъ выработанный мною аналитическій расчетъ стропильныхъ фермъ, который даетъ отвѣтъ на вопросы *объ опредѣленіи усилий, воспринимаемыхъ на себя различными частями фермы, объ опредѣленіи вѣса этихъ частей и о назначеніи въ проектѣ наиболѣе выгоднаго геометрическаго расположенія осей частей фермы*, при которомъ вѣсъ употребленнаго на устройство фермы матеріала былъ бы наименьшій.

Всестороннее рѣшеніе такой задачи представляетъ болыіи трудности, благодаря крайнему разнообразію системъ стропильныхъ фермъ, причемъ это разнообразіе обусловливается не только архитектурными требованіями и конструктивными особенностями, вытекающими изъ свойствъ строительнаго матеріала фермъ, но и побочными соображеніями конструктора, вносящаго личный художественный вкусъ въ расположеніе элементовъ проектируемыхъ имъ стропиль. Поэтому здѣсь мы дѣлаемъ

попытку разрѣшенія поставленной выше основной задачи въ примѣненіи
ея только къ наиболѣе употребительнымъ въ практикѣ системамъ стропиль—съ прямолинейнымъ и криволинейнымъ вѣтливимъ абрисомъ кровли, опирающейся на стѣны прямоугольнаго въ планѣ зданія.

Трудъ редактированія этой работы любезно принялъ на себя вице-предсѣдатель Политехническаго Общества проф. П. К. Худяковъ.

Вл. Шуховъ.

Форма стропиль.

Каждая стропильная ферма может быть рассматриваема, как простая треугольная, состоящая из двух симметрично расположенных наклонных ног, прямых или криволинейно изогнутых в одной плоскости; верхние концы этих ног связаны шарниром⁴ и образуют конек крыши, а нижние опираются на стены и соединяются между собою затяжкой для уничтожения распора стен.

Будетъ-ли форма прямая (фиг. 1) или криволинейная (фиг. 2), мы представимъ ее себѣ нагруженной равномерно.

Пусть обозначают:

q — равномерную нагрузку на ферму, отнесенную къ погонной единицѣ длины горизонтальной проекціи фермы,

V_1 и V_2 — давленія отъ фермы на опоры,

H — уськле горизонтального распора или натяженіе затыжки у фермы,

x — y — координаты произвольнаго сѣченія фермы,

M — сгибающий моментъ въ произвольномъ сѣченіи фермы,

 $2l$ — длина фермы и

f — высота или подъем фермы.

Въ случаѣ равномернаго распредѣленія нагрузки находимъ:

Давленія на опоры

$$V_1 = V_2 = q \cdot l.$$

Моменты всѣхъ силъ справа или слѣва отъ средняго сѣченія S фермы даютъ:

$$H, f = ql \cdot l - ql \cdot \frac{l}{2},$$

ОТКУДА

$$H = q \cdot \frac{\ell^2}{2f} \dots \dots \dots \mathbf{1}.$$

Рассмотрѣніе формулъ 4, 9, 11 и 13 приводитъ насъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) *Выраженіе наибольшаго сгибающаго момента, какъ для прямой фермы, такъ и для параболической, не зависитъ отъ величины ихъ подъема f .*

2) *При односторонней нагрузкѣ на ферму расчетный сгибающій моментъ для параболической фермы вдвое меньше, чѣмъ для прямой фермы.*

Въ случаѣ односторонней нагрузки на ферму, не существуетъ такого вида кривой, при которомъ бы можно было имѣть $M = 0$.

Въ самомъ дѣлѣ, если приравняемъ нулю общее выраженіе сгибающаго момента (см. форм. 7) при односторонней нагрузкѣ, то получимъ:

$$y = \frac{f \cdot (3l - 2x)}{l^2} . \quad . \quad . \quad . \quad 14.$$

Это есть ур-іе параболы, вершина которой однако не совпадаетъ съ вершиною параболы, представляемой ур-іемъ 5. Если ферма будетъ имѣть видъ параболы, отвѣчающей ур-ію 14, то моменты для точекъ нагруженной стороны фермы будутъ равны нулю, но зато ненагруженная сторона этой фермы будетъ давать отрицательные моменты, абсолютная величина которыхъ больше, чѣмъ для параболы, построенной по ур-ію 5; наибольшее значеніе сгибающаго момента для этой новой фермы получится при $x_1 = \frac{l}{2}$ (при началѣ координатъ въ точкѣ B на фиг. 2),

и оно будетъ *вдвое больше*, чѣмъ для параболы, представляемой ур-іемъ 5.

Путемъ подобныхъ же выкладокъ и разсужденій не трудно доказать, что *всякое отклоненіе отъ параболической фермы, представляемой ур-іемъ 5, съ цѣлію уменьшенія сгибающихъ моментовъ нагруженной стороны, непременно вызоветъ увеличеніе сгибающихъ моментовъ ненагруженной стороны фермы, и наоборотъ.*

Слѣдовательно, для односторонней равномерной нагрузки параболическая форма стропилъ есть *наимыгоднѣйшая*.

Назовемъ чрезъ S — сжимающее усиліе въ произвольномъ сѣченіи фермы, координаты котораго x и y . При равномерной нагрузкѣ q по всей длинѣ будемъ имѣть (см. фиг. 1).

$$S = H \cdot \cos \alpha + (V_1 - q \cdot x) \cdot \sin \alpha . \quad . \quad . \quad . \quad 15.$$

У опоры, гдѣ $x = 0$, сжимающее усиліе будетъ

$$H \cdot \cos \alpha + V_1 \cdot \sin \alpha.$$

Въ вершинѣ фермы, гдѣ $x = l$, сжимающее усиліе будетъ

$$H \cdot \cos \alpha.$$

Наконецъ, въ сѣченіи наибольшаго сгибающаго момента, т.-е. при $x = \frac{l}{2}$, сжимающее усиліе будетъ

$$H \cdot \cos \alpha + q \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha.$$

Во всѣхъ точкахъ прямой фермы будемъ имѣть

$$\operatorname{tg} \alpha = f:l.$$

Для параболы же, удовлетворяющей ур-ію 5, получится

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = 2f \cdot \frac{l-x}{l^2}$$

и въ сѣченіи наибольшаго сгибающаго момента, т.-е. при $x = \frac{l}{2}$, и здѣсь также получимъ

$$\operatorname{tg} \alpha = f:l.$$

Слѣдовательно, въ сѣченіи наибольшаго момента сжимающее усиліе одинаково, какъ въ прямой, такъ и въ параболической фермахъ.

Такимъ образомъ, сравненіе фермъ прямыхъ и криволинейныхъ показываетъ, что ферма, испытывающая наименьшее напряженіе матеріала, должна при равномерной нагрузкѣ имѣть форму параболы. А потому, если конструктору предоставленъ свободный выборъ поверхности крыши, то для полученія наименьшаго вѣса стропилъ слѣдуетъ остановиться на фермахъ параболическихъ, и отыскивать какой-либо другой видъ фермъ меньшаго вѣса въ такихъ случаяхъ бесполезно.

Разсмотрѣнныя выше простыя треугольныя фермы могутъ быть сдѣланы или изъ сплошныхъ балокъ постоянного и переменнаго сѣченій, или же, съ цѣлію увеличенія момента сопротивленія, имъ придастся опредѣленная система раскосовъ.

Силонныя балки могутъ быть употреблены для небольшихъ пролетовъ, въ случаѣ прямой фермы—не болѣе 4—5 *mt.*, а для арокныхъ фермъ—не болѣе 10—12 *mt.* При дальнѣйшемъ увеличеніи пролетовъ необходимо употреблять раскосныя фермы.

При силонныхъ балкахъ, по найденнымъ расчетнымъ величинамъ M и S и при выбранномъ допускаемомъ напряженіи матеріала, опредѣляется модуль сопротивленія, по которому и отыскивается соотвѣтственный профиль желѣза въ имѣющихся таблицахъ. Двутавровая форма

профиля является въ этомъ случаѣ наиболѣе выгодною. Вообще же нужно выбирать такое сѣченіе, которое при данномъ модулѣ даетъ наименьшій вѣсъ.

При расчетѣ на сжатіе надо вводить поправку отъ длины сжимаемыхъ частей.

Въ отношеніи выбора желѣза для ногъ, подверженныхъ сгибанію и сжатію, изданныя Бѣлелюбскимъ и Богуславскимъ таблицы даютъ полный матеріалъ для проектированія, и останавливаться на примѣрахъ этого расчета здѣсь мы считаемъ излишнимъ.
